

PENGARUH JUMLAH SUDU RODA JALAN TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN ALIRAN SILANG

*The Effect of Runner Blade quantity on the Performance of
Cross-Flow Turbine*

Winardi¹, Harwin Saptoadi², Subarmono²

Program Studi Teknik Mesin (Magister Sistem Teknik)
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

Design and fabrication of a cross-flow turbine runner have an impact on its performance. This research was intended to identify the effect of the number of blades on the cross-flow turbine performance. Hopefully, the results would be fruitful for science, particularly for those investigation of the cross-flow turbine issues and the micro-hydro subjects in choosing the right number of blades.

This research was carried out experimentally by on five runners with 110 mm in diameter and 84 mm in width and the number of blades were 13, 18, 23, 28, and 33. It was run under small-scale micro-hydro power station with a head of 5.48 m. The rate of discharges employed in this research were 4 L/s, 5 L/s, and 6 L/s. The runner rotation was measured with a tachometer, and a multi-meter measured the output power.

The results showed that increasing the number of blades showed better performance, but after a certain number of blades, it would gradually getting worse. The tests with discharges of 4 and 5 L/s produced the highest rotation of the runner with 33 blades, while for the discharge of 6 L/s, it was obtained by the runner with 28 blades. The greatest power output of the generator was produced by the runner with 33 blades : 10.17 W under 4 L/s of discharge and 34,234 W under 5 L/s, while under 6 L/s of discharge the runner with 28 blades gave the greatest power output of 58.422 W. The highest efficiency of 5.55 % was

¹ SMKN 2 Kediri, Lombok Barat

² Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

found under 4 L/s of discharge and of 15.27 % under 5 L/s of discharge obtained by the runner with 33 blades. For the discharge of 6 L/s the highest efficiency of 22.31 % was obtained by the runner with 28 blades.

Keywords : *Number of runner blade, Discharge, Rotation, Output power, Efficiency*

PENGANTAR

Potensi tenaga air di Indonesia mencapai lebih dari 75.000 MW dan baru dimanfaatkan 2,5 %, yang sebagian besar merupakan pembangkit listrik tenaga air skala besar (PLTA) (Bachrudin, 2002). Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk menyediakan energi listrik adalah memanfaatkan potensi energi terbarukan yang berupa air dalam skala kecil yang berupa Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) yang penerapannya sangat cocok pada daerah pedesaan terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik PLN (Soekarno dkk, 2002). PLTMh juga dapat diterapkan untuk dihubungkan dengan jaringan PLN (interkoneksi) setelah memperoleh sertifikat Uji Laik Operasi. Sistem PLTMh, di samping untuk pembangkit listrik, juga dapat difungsikan untuk mesin penggilingan (Harvey dkk, 1993).

Turbin yang digunakan untuk PLTMh di Indonesia sebagian besar adalah turbin aliran silang (*Cross-flow*), yang disebut juga turbin *Banki*. (Warnick, 1984) Turbin ini memiliki kelebihan-kelebihan dalam hal teknis dan juga operasional dibandingkan dengan turbin yang lain.

Bagian turbin yang disebut sudu (*blade*) akan menerima aliran atau tumbukan air sehingga akan memutar poros roda jalan (*runner*) turbin. Putaran poros *runner* turbin inilah yang akan ditransmisikan untuk memutar generator atau mesin penggilingan. Kerja turbin aliran silang, antara lain dipengaruhi oleh hasil perancangan dan konstruksi serta penentuan jumlah sudu roda jalan.

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap putaran, daya keluaran (*out-put*), dan efisiensi turbin aliran silang.

Soenoko (1992) menyarankan tentang desain turbin aliran silang untuk meningkatkan unjuk kerja dengan mengubah konstruksi pipa pancar, posisi kedudukan pipa pancar dan jumlah sudu yang ditumbuk oleh jet. Menurut Mockmore dan Merryfield (1949) jarak

antara sudu dengan sudu harus dipertimbangkan dengan mengadakan eksperimen. Jumlah sudu dapat dihitung dengan rumus (Mockmore dan Merryfield, 1949) :

$$Z = \frac{\pi D_1}{t} \quad (1)$$

dengan : t = jarak antara sudu luar = $S_2 / \sin \beta_1$

$S_2 = k D_R$ (k = tetapan (0,075 - 0,10) dan Banki mengambil 0,087)

Menurut Soenoko (1992) untuk menentukan jumlah sudu Z turbin aliran silang digunakan rumus :

$$Z = \frac{\pi D_{RD}}{t} \quad (2)$$

dengan t adalah jarak antara dua buah sudu pada bagian dalam. Besar t adalah :

$$t = 0,125 D_{RD} / 2 \quad (3)$$

Putaran ditunjukkan dengan persamaan (Dietsel, 1996):

$$n = \frac{U_1 60}{\pi D_R} \quad (4)$$

dengan : U_1 = kecepatan keliling (m/s)

D_R = diameter roda jalan/runner (m)

Daya turbin diperoleh dengan persamaan (Patty, 1995) :

$$P = Q \rho g H (\text{Watt}) = Q g H (\text{kW}) \quad (5)$$

dengan : Q = kapasitas aliran (m^3/s)

H = tinggi jatuh (m)

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

ρ = massa jenis air (1000 kg/m^3)

Efisiensi dihitung dengan persamaan :

$$\eta = \frac{P_n}{P_t} \quad (6)$$

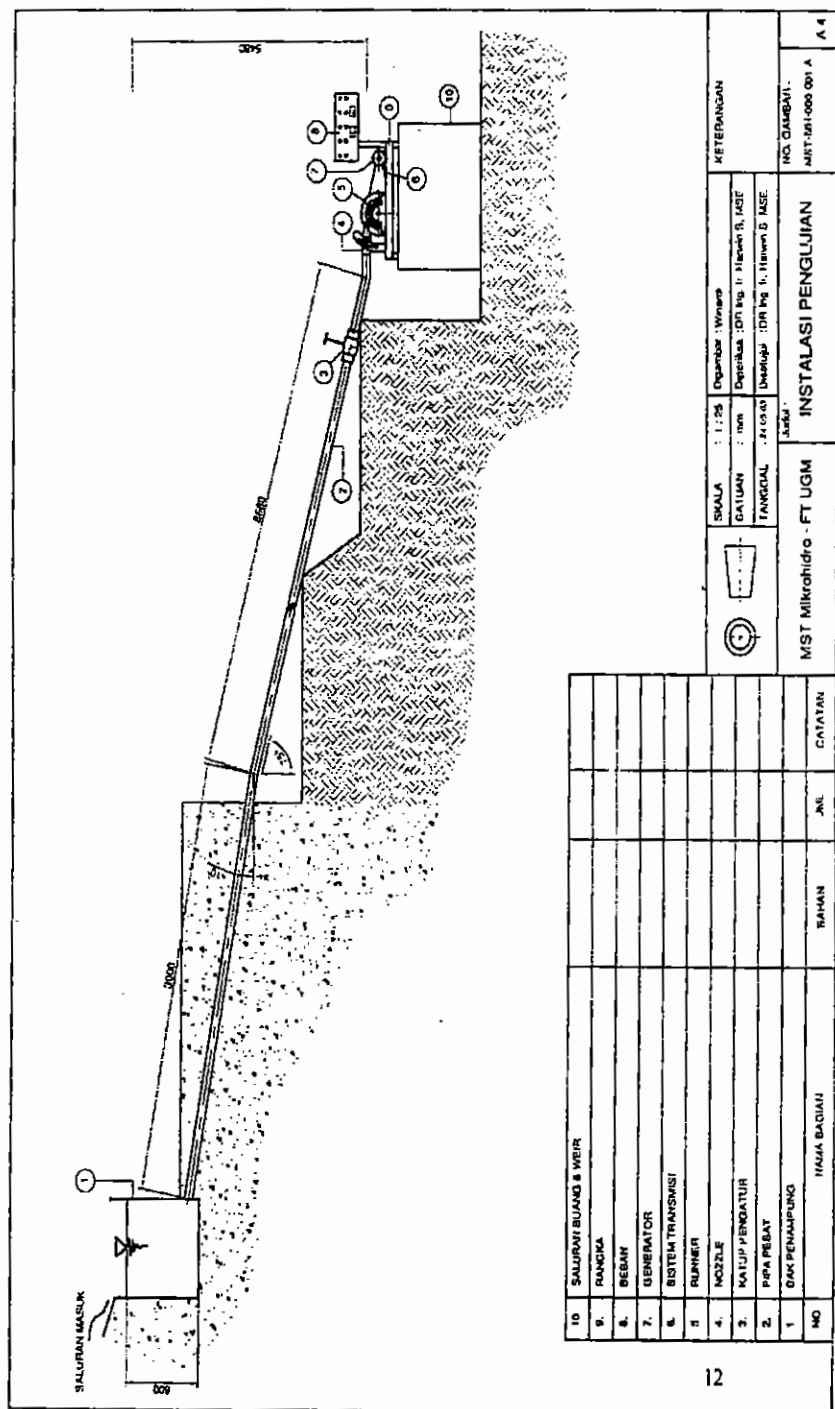
dengan : P_n = daya nyata (kW) dan P_t = daya teoritis (kW)

Roda jalan dengan jumlah sudu sedikit mempunyai jarak antara sudu lebih lebar dibandingkan dengan jarak antara sudu pada roda jalan dengan jumlah sudu yang lebih banyak. Jarak ini akan mempengaruhi aliran air pada celah-celah sudu. Pada jarak antara sudu yang lebih lebar aliran air yang melewati celah sudu akan terisi oleh udara, sehingga energi air tidak dapat diterima oleh sudu dengan baik, maka putaran roda jalan menjadi lambat. Akan tetapi karena sudu-sudu memiliki ketebalan maka semakin banyak jumlah sudu roda jalan maka air yang mengalir juga banyak mengalami hambatan, sehingga aliran air tidak dapat leluasa melewati celah sudu. Faktor hambatan ini berpengaruh terhadap putaran menjadi lambat.

Roda jalan dengan jumlah sudu terlalu banyak akan mengakibatkan aliran air yang melewati celah sudu akan banyak mengalami hambatan, sehingga daya roda jalan tidak optimal. Sebaliknya, pada roda jalan dengan jumlah sudu yang terlalu sedikit, pancaran air yang melewati celah sudu akan bercampur dengan udara, sehingga daya roda jalan juga tidak optimal. Kalau daya yang dihasilkan oleh roda jalan turbin aliran silang dengan jumlah sudu optimal dibandingkan dengan daya teoritisnya, maka efisiensinya tinggi. Semakin banyak jumlah sudu, maka unjuk kerja roda jalan semakin baik, tetapi dengan jumlah sudu terlalu banyak, unjuk kerja roda jalan menjadi menurun.

CARA PENELITIAN

Bahan utama dalam penelitian ini berupa roda jalan (*runner*) turbin aliran silang dengan diameter 110 mm dan lebar 84 mm dengan variasi jumlah sudu 13, 18, 23, 28, dan 33. Debit air yang digunakan 4, 5, dan 6 L/s. Instalasi pengujian dan alat utama yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1. Data-data yang diperoleh berupa debit air, tinggi jatuh (*head*), putaran roda jalan, kuat arus, dan tegangan.



Gambar 1. Instalasi Pengujian

Pengukuran debit air dilakukan dengan *weir methode* model *Cipoletti* (Inversin, 1986). Tinggi jatuh (*head*) diukur dengan *leveling* memakai bantuan selang, bambu, dan meteran. Tinggi jatuh diukur dari peluap pada bak penampungan sampai ke lubang *nozzle*. Dari hasil pengukuran diperoleh tinggi jatuh air (*head gross*) sebesar 5,48 m.

Putaran diukur dengan *tachometer* pada senter poros *runner* baik tanpa beban maupun dengan beban setelah putaran mantap (*steady*). Kuat arus dan tegangan diukur untuk mengetahui daya keluaran sistem pembangkit. Daya keluaran dapat diperoleh dengan rumus : (Berahim, 1994)

$$P_{\text{output}} = V I \text{ (watt)} \quad (7)$$

dengan : V = tegangan (Volt)

I = kuat arus (Ampere)

HASIL DAN PEMBAHASAN

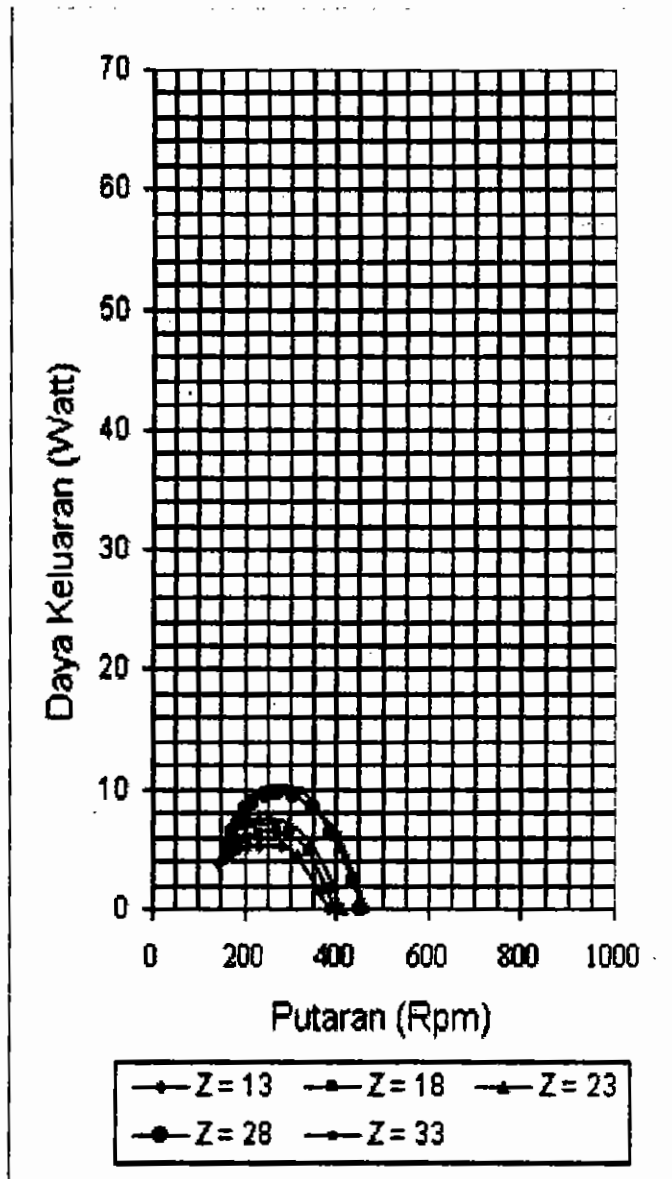
1. Pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap putaran

Gambar 2-4 menunjukkan bahwa putaran roda jalan meningkat sesuai dengan jumlah sudunya. Roda jalan dengan jumlah sudu sedikit mempunyai kecenderungan putaran lebih rendah dibandingkan dengan yang mempunyai jumlah sudu banyak. Roda jalan dengan jumlah sudu sedikit mempunyai jarak antara sudu dengan sudu lebih besar dibandingkan dengan yang mempunyai sudu banyak. Dengan demikian aliran air yang melewati celah-celah sudu roda jalan yang sudunya sedikit, tidak terisi penuh oleh tumbukan atau aliran air dari pipa pancar (*nozzle*), tetapi cenderung terisi oleh udara, sehingga aliran air menjadi turbulen atau pada tempat itu terjadi olakan air, yang mengakibatkan energi air tidak seluruhnya diterima oleh sudu-sudu, sehingga putaran menjadi lebih rendah.

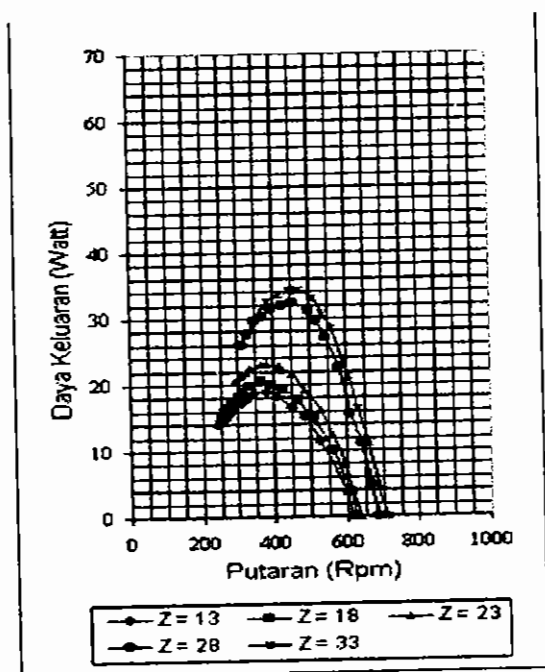
2. Pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap daya keluaran

Pada gambar 2-4 ditunjukkan pula pengaruh putaran roda jalan terhadap daya keluaran. Terlihat, bahwa roda jalan dengan jumlah sudu sedikit menghasilkan daya maksimum yang hanya dapat memikul beban yang kecil, sementara roda jalan dengan jumlah sudu yang lebih banyak dapat memikul beban yang lebih besar. Pada pengujian dengan debit 4 L/s daya keluaran generator maksimum rata-rata adalah sebesar 10,17 Watt yang dicapai oleh roda jalan

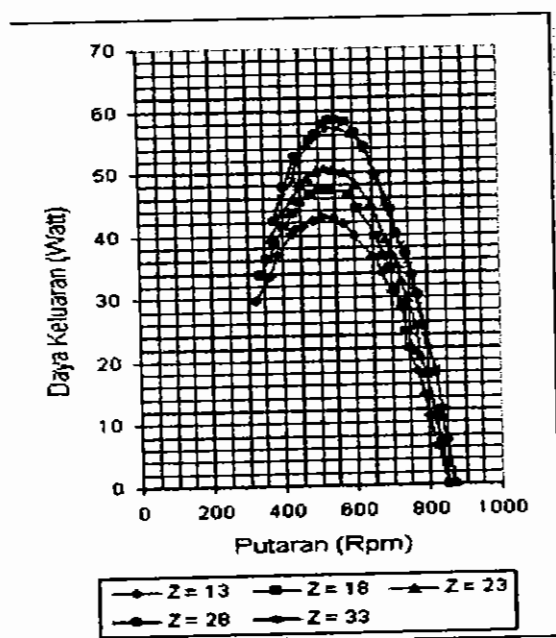
dengan jumlah sudu 33. Daya keluaran generator maksimum rata-rata pada pengujian dengan debit 5 L/s mencapai 34,234 Watt yang dicapai oleh roda jalan dengan sudu 33 buah.



Gambar 2. Pengaruh Putaran Roda Jalan terhadap Daya Keluaran pada Debit 4 L/s



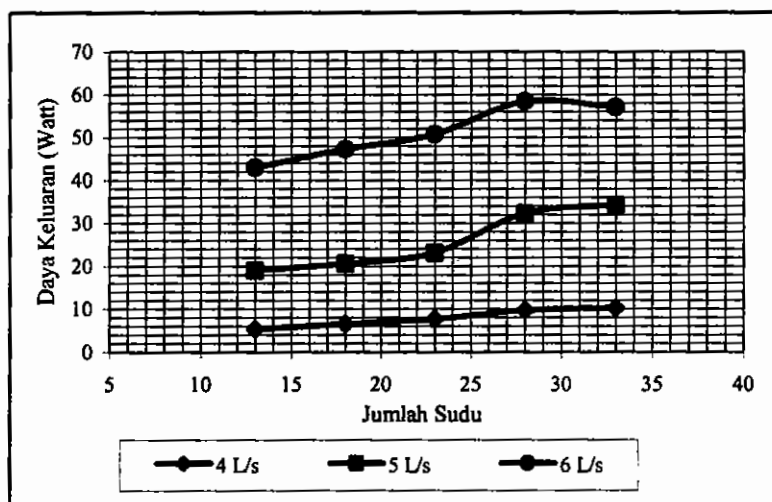
Gambar 3. Pengaruh Putaran Roda Jalan terhadap Daya Keluaran pada Debit 5 L/s



Gambar 4. Pengaruh Putaran Roda Jalan terhadap Daya Keluaran pada Debit 6 L/s

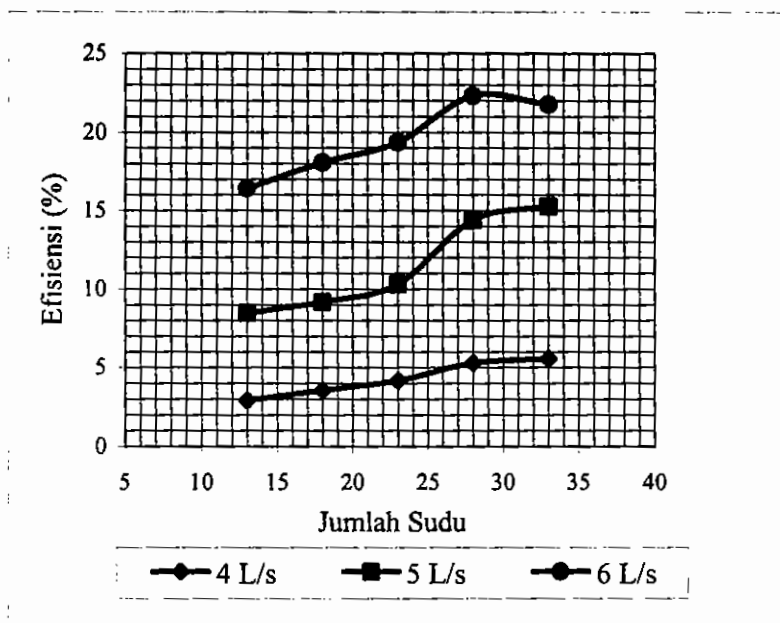
Pengujian dengan debit 6 L/s memperlihatkan bahwa kurva yang terbentuk saling berdekatan. Daya keluaran maksimum yang dihasilkan oleh roda jalan dengan sudu sedikit, lebih rendah dibandingkan dengan roda jalan dengan sudu banyak, kecuali pada roda jalan dengan jumlah sudu 28 yang dapat mencapai daya keluaran maksimum lebih tinggi dibandingkan dengan roda jalan dengan jumlah sudu 33. Tampak juga bahwa kurva yang dibentuk oleh putaran dan daya keluaran pada roda jalan dengan jumlah sudu 33 berimpit dengan kurva roda jalan yang bersudu 28, karena putaran dan daya keluaran dari roda jalan dengan jumlah sudu 33 mulai menurun. Daya keluaran generator maksimum rata-rata pada pengujian dengan 6 L/s dicapai oleh roda jalan dengan sudu 28 sebesar 58,422 Watt.

Agar lebih jelas, pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap daya keluaran maksimum dilukis pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik pengaruh jumlah sudu terhadap daya keluaran

3. Pengaruh Jumlah Sudu Roda Jalan terhadap Efisiensi



Gambar 6. Grafik pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi nyata

Gambar 6 menyajikan bahwa dengan debit 4 L/s diperoleh efisiensi rata-rata lebih rendah dibandingkan dengan efisiensi rata-rata dengan debit 5 L/s. Efisiensi pada pengujian dengan debit 4 L/s dicapai oleh roda jalan dengan jumlah sudu 33 sebesar 5,55 %. Efisiensi rata-rata (15,27 %) pada pengujian dengan debit 5 L/s mencapai nilai lebih rendah dibandingkan dengan pengujian dengan debit 6 L/s dengan sudu 33. Efisiensi tertinggi dicapai pada pengujian roda jalan 28 sudu dengan debit 6 L/s sebesar 22,31 %.

KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin banyak jumlah sudu, putaran roda jalan turbin aliran silang semakin meningkat, kemudian menurun setelah mencapai jumlah sudu tertentu. Pada penelitian ini jumlah sudu yang optimal adalah 33 buah untuk debit 4 L/s dan 5 L/s, sedangkan dengan debit 6 L/s jumlah sudu yang optimal adalah 28 sudu.
2. Daya keluaran meningkat seiring dengan penambahan jumlah sudu, kemudian menurun setelah mencapai jumlah sudu

tertentu. Jumlah sudu yang optimal untuk debit 4 L/s dan 5 L/s pada penelitian ini adalah 33 sudu, dengan daya keluaran generator maksimum rata-rata berturut-turut 10,17 watt dan 34,234 watt sedangkan jumlah sudu yang optimal untuk debit 6 L/s adalah roda jalan dengan 28 sudu, dengan nilai sebesar 58,422 watt..

3. Efisiensi meningkat mengikuti jumlah sudu roda jalan, kemudian menurun lagi setelah sampai pada jumlah sudu tertentu. Pada penelitian ini efisiensi rata-rata tertinggi yang dicapai dengan debit 4 L/s sebesar 5,55 % dan dengan 5 L/s sebesar 15,27 % yang terjadi pada roda jalan dengan jumlah sudu 33. Pada debit 6 L/s efisiensi tertinggi dicapai oleh roda jalan dengan jumlah sudu 28, yaitu sebesar 22,31 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachrudin, R.A., 2002, *Kebijakan Pemberdayaan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) di Kawasan Timur Indonesia*, Makalah disampaikan pada Workshop Pengembangan Mikrohidro di Indonesia, Jakarta, 27-28 Agustus 2002.
- Berahim, H., 1994, *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, Andy Offset, Yogyakarta.
- Dietzel, F., 1996, *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Harvey, A., Brown, A., Hettiarachi, P., Inversin, A., 1993, *Microhydro Design Manual (A Guide to Small-scale Water Power Schemes)*, Intermediate Technology Publications, London.
- Inversin, A.R., 1986, *Micro-Hydropower Sourcebook*, National Rural Electric Cooperative Association, Washington, D.C, USA
- Mockmore, C.A., and Merryfield, Fred, 1949, *The Banki Water Turbine*, Bulletin Series No. 25, Engineering Experimental Station, Oregon State System of Higher Education, Oregon State College, Corvallis.
- Patty, O.F., 1995, *Tenaga Air*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

- Soekarno, H., Anggono, T., Heriansyah, A., 2002, *Komponen Dasar dalam Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Mikrohidro*, Publikasi P3TEK, Vol. 1, No. 1, hl. 8, Jakarta.
- Soenoko, R., 1992, *Desain Turbin Arus Lintang di Indonesia*, Fakultas Teknik Unibraw, Jurnal Vol.1 No.2 Desember 1992
- Warnick, C.C., 1984, *Hydropower Engineering*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.